

ИЗМЕРЕНИЕ СЕЧЕНИЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЯДЕР ^{19}F
ПРИ ИМПУЛЬСЕ 4 ГэВ/нуклон

В.М.Головин, И.А.Голутвин, С.Н.Доля, В.Е.Жильцов,
А.В.Зарубин, В.В.Перелыгин, В.А.Свиридов, В.В.Тихомиров,
В.И.Цовбун, А.Г.Федунов

Измерены сечения $\sigma_{\Delta Z \geq 1}$ взаимодействия ядер ^{19}F с ядрами различных элементов при импульсе 4 ГэВ/с·нуклон в реакциях, в конечном состоянии которых образуется фрагмент с зарядом $Z \leq 8$. Аппаратура эксперимента включает в себя трансмиссионный детектор, где траектория ядер на входе в мишень измерялась пропорциональными камерами, а заряд ядер до и после мишени - черенковскими счетчиками. Экспериментальные данные, полученные с точностью ~2%, представлены для мишеней из углерода, алюминия, меди, индия, вольфрама, висмута и урана. Зависимость сечений от атомного номера мишени совпадает /кроме сечения взаимодействия с тяжелыми мишенями/ с предсказываемой простыми геометрическими моделями.

Работа выполнена в Отделе новых методов ускорения ОИЯИ.

Measurement of ^{19}F Nuclear
Interaction at 4 GeV/c per Nucleon

Golovin V.M. et al.

The A-dependence of the ^{19}F charge-changing cross-section at 4 GeV/c·nucleon has been studied on C, Al, Cu, In, W, Bi, and U targets. The detection apparatus consisted of a transmission detector, where the trajectory of nuclei on the target input is determined with proportional chambers, and nuclear charge in front of and behind the target - by Cherenkov counters. Measured with 2% accuracy charge-changing cross-sections $\sigma_{Z \geq 1}$ are presented for each target. The $\sigma_{Z \geq 1}$ coincides (except of cross-sections for heavy target interaction) with the predicted simple geometric models.

The investigation has been performed at the Department of New Acceleration Methods, JINR.

Эксперименты по изучению взаимодействий ядер при высоких энергиях важны для понимания механизма сильных взаимодействий. Анализ сечений взаимодействия позволяет

оценить эффективные размеры ядер, изучить особенности их структуры /1-3/. Знание сечений взаимодействия релятивистских ядер необходимо для космологии и астрофизики /4/. Интерес представляет и энергетическая зависимость поведения неупругих сечений ядер, так же как это было при исследовании взаимодействия элементарных частиц с ядрами /5/.

Ниже приведены результаты эксперимента, целью которого было продолжить накопление данных по сечениям неупругого взаимодействия релятивистских ядер /6-10/. Измерено сечение взаимодействия ^{19}F с импульсом ~ 4 ГэВ/с·нуклон с ядрами углерода, алюминия, меди, индия, вольфрама, висмута и урана в реакциях, когда в конечном состоянии образуются фрагменты с зарядом $Z \leq 8$ ($\Delta Z \geq 1$). Погрешность измерений /1,5±2%.

Для измерения сечения использовалась основная часть аппаратуры установки "Аномалон" /11/. На рис.1 приведена схема размещения аппаратуры. С помощью триггерных счетчиков и пропорциональных камер выделялся пучок с диаметром 14 мм /чувствительная область черенковских счетчиков - 18 мм/ и расходимостью, меньшей чем 5 мрад. Между черенковскими счетчиками расположены три мишени, толщины которых выбирались такими, что они ослабляли поток падающих ядер фтора примерно на 10, 20 и 30%.

В случае взаимодействия ядер фтора в одной из мишеней черенковские счетчики за мишенью регистрируют изменение заряда /сигнал счетчика пропорционален Z^2 /, и, таким образом, выделяется событие взаимодействия. Использование трех мишеней позволяет уменьшить влияние систематических и случайных ошибок. Из-за ионизационных потерь в детекторе и мишенях средняя энергия ядер оказывается различной

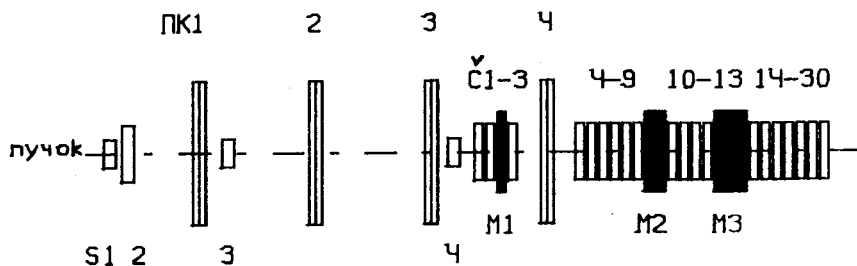


Рис.1. Схема экспериментальной установки: СИ-4 - триггерные сцинтилляционные счетчики, ПК1-4 - пучковые пропорциональные камеры, С1-30 - черенковские счетчики, М1-3 - мишени.

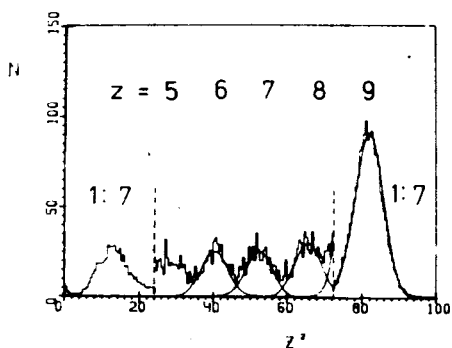


Рис.2. Спектры сигналов черенковских счетчиков после мишеней.

живалась их судьба после мишени. На рис.2 приведен спектр сигналов от счетчиков, расположенных за мишенью. Наряду с сигналами от непроизводивших ядер фтора в спектре сигналов видны пики от ядер с меньшим зарядом (0, N, C и др). Изотопный состав этих нуклидов не идентифицировался.

После аппроксимации спектров счетчиков за мишенью с помощью гауссова распределения выделялось число ядер фтора N_2 , прошедших мишень без изменения заряда, и сечение взаимодействия с $\Delta Z \geq 1$ определялось по формуле

$$\sigma = \left(\ln \frac{N_1}{N_2} - \frac{\ell}{\lambda} \right) \frac{A}{L \rho N_A}, \quad (1)$$

где L - длина мишени, A - атомный вес, ℓ - толщина плексигласового радиатора /5 мм/, λ - ядерная длина фтора в плексигласе, определенная в [12], ρ - плотность вещества.

Результаты измерений приведены в таблице и на рис.3. Оценки систематических погрешностей, проведенные прямым расчетом и полученные из сравнения результатов экспериментов на разных мишенях, с разными детекторами и различными способами обработки спектров сигналов счетчиков, показывают, что они ниже статистических.

Аппроксимация экспериментальных данных /без тяжелых мишеней/ формулой [13]

$$\sigma_{\Delta Z \geq 1} = 10 \pi \Gamma_0^2 \left(A_P^{1/3} + A_T^{1/3} - \beta \right)^2, \quad (2)$$

в различных мишенях. Для углеродных мишеней изменение импульса в трех последовательных мишенях равно 0,11 ГэВ/с. нуклон. Соответственно для урановых - 0,23 ГэВ/с. нуклон.

При обработке экспериментальных данных из спектра сигналов счетчиков, расположенных до мишени, в статистику включались только те, которые лежат в центральной части гауссовой кривой, аппроксимирующей экспериментальное распределение. Для каждой мишени отбиралось определенное число ядер N_1 , и просле-

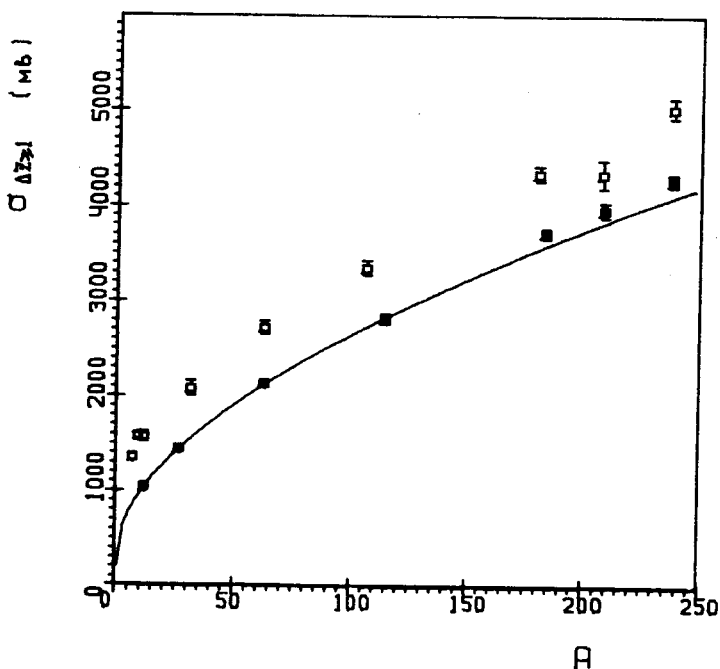


Рис. 3. Сечения взаимодействия ядра ^{19}F с ядрами углерода, алюминия, меди, индия, вольфрама, висмута и урана при импульсе 4 ГэВ/с·нуклон (■). Для сравнения приведены данные при энергии 2 ГэВ/А для ядер железа (□).

Таблица

Значения сечений взаимодействий ядер ^{19}F с ядрами углерода, алюминия, меди, индия, вольфрама, висмута и урана

Мишень	C	Al	Cu	In	W	Bi	U
$\sigma_{\Delta Z \geq 1}$ (мб)	1038	1451	2126	2808	3711	3952	4267
$\pm \Delta\sigma$ (мб)	19	33	29	52	57	81	64

дает следующие значения параметров: $r_0 = 1,45 \pm 0,03$, $\beta = 1,00 \pm 0,12$. Отметим, что эти значения r_0 и β несколько выше соответствующих параметров, полученных в [7] при исследовании фрагментации ^{56}Fe на различных мишенях при

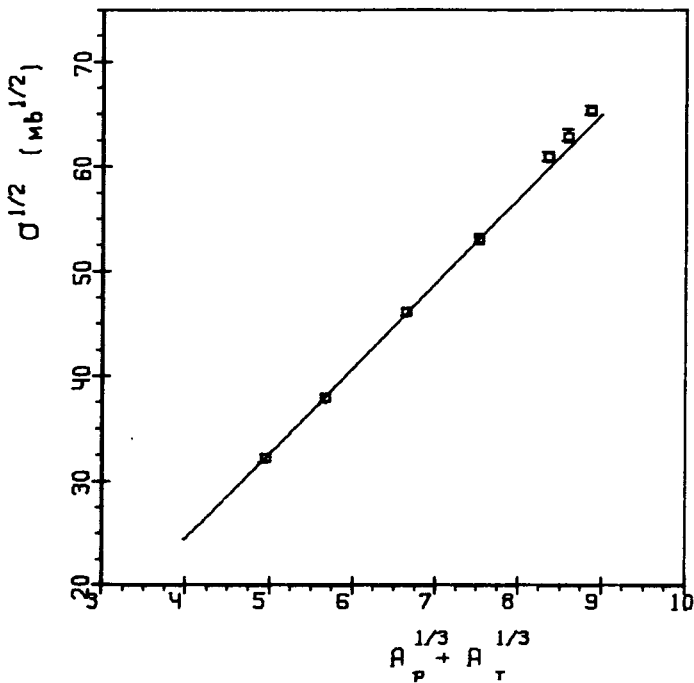


Рис.4. Зависимость сечения $\sigma^{1/2}$ от $A_P^{1/3} + A_T^{1/3}$ (A_P и A_T - массовые числа падающего ядра и ядра-мишени).

энергии 2А ГэВ. Результаты эксперимента представлены на рис.3 /для сравнения там же приведены данные работы /7/ / и на рис.4.

Зависимость $\sigma_{\Delta Z \geq 1}$ от атомного номера мишени совпадает /кроме сечения взаимодействия с тяжелыми мишенями/ с предсказываемой простой геометрической моделью

$$\sigma^{1/2} \sim A_P^{1/3} + A_T^{1/3}, \quad (3)$$

где A_P и A_T - массовые числа, пропорциональные кубу радиуса взаимодействия падающего ядра и ядра мишени /см. рис.4/. Сечение взаимодействия с тяжелыми ядрами имеет тенденцию к отклонению от этой закономерности, что совпадает с предсказанным в работе /14/ ростом сечения из-за вклада кулоновского расщепления падающего ядра в поле ядра мишени.

В заключение авторы выражают благодарность А.М.Балдину, В.П.Саранцеву и И.Н.Семенюшкину за поддержку эксперимента,

персоналу отдела синхрофазотрона ЛВЭ за обеспечение прекрасных условий работы на пучках ускоренных ядер, Ю.П.Гангрскому, В.Б.Дунину и А.В.Скрыпнику за содействие при анализе чистоты мишеней.

Литература

1. Tanihata I. Proceeding of 7-th High Energy Heavy Ion Study. GSI Darmstadt, oct. 8-12, 1984.
2. Tanihata I. INS-REP-550, Tokyo, 1985.
3. Sato H., Okuhara Y., INS-REP-558, Tokyo, 1985.
4. Proc. XVIII Int.Cosmic Ray Conf. Bangalor, 1983.
5. Denisov S.P. et al. Nucl.Phys., 1973, B61, p.62.
6. Heckman H.H. et al. Phys.Rev., 1978, C17, p.1735.
7. Westfall G.D. et al. Phys.Rev., 1979, C19, p.1309.
8. Aksinenko V.D. et al. Nucl.Phys., 1980, A348, p.518.
9. Аникина М.Х. и др. ОИЯИ, 1-82-553, ОИЯИ, 1982.
10. Greiner D.E. et al. Phys.Rev., 1985, C31, p.416.
11. Вереш И. и др. В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ, №4-84, Дубна, 1984, с.10.
12. Голутвин И.А. и др. В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ, №5-84, Дубна, 1984, с.8.
13. Bradt H.L., Peters V. Phys.Rev., 1950, 77, p.54.
14. Каптарь Л.П., Титов А.И., ЯФ, 1978, 28, с.647.

Рукопись поступила 24 июня 1986 года.